

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРИБОРОВ ФИРМЫ LECO – ШАГ В XXI ВЕК

П.В.Макаров

Представительство фирмы «ЛЕКО Инструменте ГмбХ»
117334, Москва, Ленинский пр., 49

Поступила в редакцию 22 января 2002 г.

В работе кратко рассмотрены приборы фирмы LECO, предназначенные для аналитического контроля металлов и других объектов.

ВВЕДЕНИЕ.

Аналитический контроль при производстве продукции в металлургии

и машиностроении является важнейшим элементом на каждом этапе этого производства. Знание химического и фазового состава, а также структуры и свойств металлов на всех этапах перелома дает возможность экономии расходных материалов, оптимизации технологического процесса и точного контроля качества готовой продукции, что зачастую может повысить цену ее продажи и, соответственно, рентабельность производства.

В последнее время значительное развитие получили приборные методы анализа металлов, включающие физико-химический анализ, электронное управление и компьютерную обработку данных. Приборные методы имеют ряд значительных преимуществ перед классическими методами мокрой химии: прежде всего это сокращение времени анализа (секунды вместо часов), более высокая точность анализа, снижение влияния человеческого фактора на результат анализа, повышение экологической чистоты процесса, удешевление стоимости анализа.

Фирма LECO (Laboratory Equipment Corporation) была основана как частная фирма по производству аналитических приборов в городе Сент-Джозеф, штат Мичиган, США, в 1936 году. Первым прибором фирмы стал анализатор углерода в стали, в котором впервые был применен метод сжигания образца в токе кислорода вместо химического растворения. Этот прибор стал быстро распространяться в аналитических лабораториях сталелитейного производства США, и за короткое время приобрел большую популярность у металлургов. Следующим шагом стало производство прибора для анализа серы в металлах, затем был изобретен прибор для анализа

Макаров Павел Васильевич - директор представительства LECO Instrumente GmbH в Москве.

кислорода и азота, где образец плавился в графитовом тигле в нейтральной атмосфере. Тре-

тьим прибором для анализа газов и газообразующих примесей стал анализатор водорода в металлах.

За 65 лет своего существования фирма стала одним из крупнейших в мире производителей аналитического оборудования, постоянно поставляя новые поколения приборов: от простейших волнометрических анализаторов до современных, компьютерно управляемых, автоматических приборов, способных решить многие аналитические проблемы в самых различных отраслях современной промышленности.

В настоящее время фирма принадлежит семейству Уоррен: Роберт Джон Уоррен – президент, его супруга, Элизабет Уоррен – вице-президент, исполнительный директор. На фирме также работают четыре сына супругов Уоррен, возглавляя различные отделы фирмы.

В настоящей статье рассмотрены особенности нового поколения приборов фирмы LECO, производство которых началось в новом XXI веке.

1. Анализаторы газов и газообразующих элементов в неорганических материалах.

Современные анализаторы азота и кислорода разработаны на основе новейших принципов модульных систем Genesis и архитектурных систем Eclipse. Применение этих систем дало возможность сконструировать принципиально новые блоки и элементы прибора, значительно более компактные и надежные в эксплуатации. Общее уменьшение объема элементной базы привело к созданию прибора, состоящего из одного блока, в отличие от предыдущих конструкций, где анализатор и печь были разделены на 2 блока (см. рис. 1).

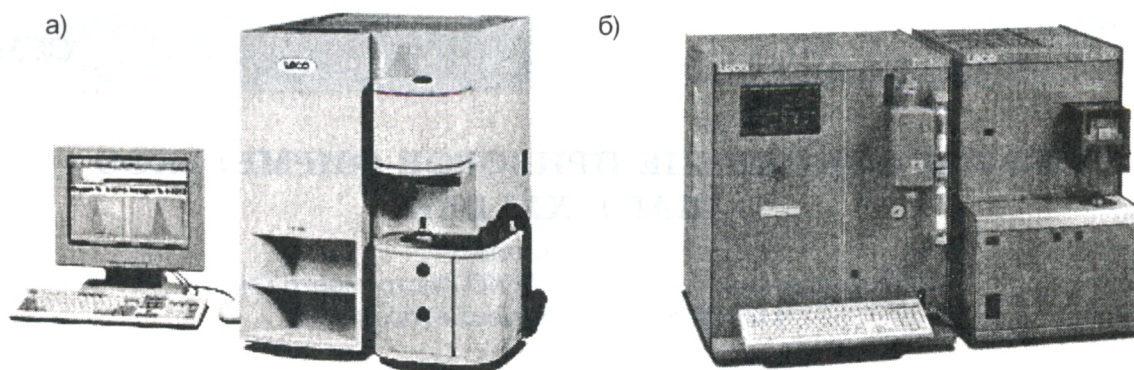


Рис.1. Внешний вид современного анализатора кислорода и азота (а), в сравнении с анализатором предыдущего поколения (б)

Прибор прост в управлении, все блоки легко снимаются и устанавливаются, проще стало менять химические реагенты, находящиеся теперь в сменных капсулах. В отличие от конструкций предыдущих приборов, в моделях **ТС-500** и **ТС-600** химические реагенты скрыты за передней панелью прибора, что повышает безопасность работы с ними.

Особо следует отметить новую конструкцию сердца прибора – инфракрасной ячейки, в которой теперь нет вращающихся частей (обтюратор с электромотором), что увеличило ресурс и надежность работы, уменьшило габариты ячейки.

Снять и поставить ячейку теперь значительно проще: достаточно отсоединить три контактных разъема и снять три трубки газового потока.

В анализаторе кислорода и азота марки **ТС-600** установлены четыре аналитические ячейки: три инфракрасные ячейки измерения CO и CO_2 , и одна ячейка теплопроводности для измерения азота. Такая конструкция позволила значительно расширить диапазоны измерения кислорода и азота по сравнению с предыдущими моделями приборов (см. табл. 1). Раздельное измерение CO и CO_2 дало возможность повысить точность измерения высоких содержаний кислорода.

Таблица 1

Сравнение параметров современных анализаторов кислорода и азота (ТС-500, ТС-600) с предыдущими моделями (ТС-436, ТС-300)

	ТС-500	ТС-600	ТС-436	ТС-300
Пределы измерения: для навески 1 г				
кислород	от 0.5 ppm до 0.2%	от 0.05 ppm до 5%	от 0.5 ppm до 0.1%	от 2 ppm до 0.2%
азот	от 0.5 ppm до 3%	от 0.05 ppm до 3%	от 0.5 ppm до 0.5%	от 2 ppm до 0.5%
Точность:				
кислород	0.25 ppm или 0.5% RSD	0.025 ppm или 0.5% RSD	0.25 ppm или 0.5% RSD	1 ppm или 0.5% RSD
азот	0.25 ppm или 0.5% RSD	0.025 ppm или 0.5% RSD	0.25 ppm или 0.5% RSD	1 ppm или 0.5% RSD
Читаемость результата:				
кислород	0.01 ppm	0.01 ppm	0.01 ppm	0.01 ppm
азот	0.01 ppm	0.01 ppm	0.01 ppm	0.01 ppm
Калибровка:	По одной точке, по газ. дозе, мультикалибровка	По одной точке, по газ. дозе, мультикалибровка	По одной точке, по газ. дозе	По одной точке, по газ. дозе
Время цикла анализа (номин.):				
кислород	80 секунд	80 секунд	40 секунд	менее 1 минуты
азот	95 секунд	95 секунд	40 секунд	менее 1 минуты
Хранение данных:				
вес образцов	Практически без огранич.	Практически без огранич.	100	100
результаты анализа	Практически без огранич.	Практически без огранич.	200	200
Размеры:				
Анализатор			76x61x69 см	76x61x69 см
Печь			76x52x69 см	76x46x69 см
Объединенный блок	76x56x56 см	76x56x56 см		
Вес:				
Анализатор			120 кг	140 кг
Печь			80 кг	99 кг
Объединенный блок	180 кг	180 кг		

Как видно из таблицы, в новых приборах существенно увеличен диапазон измерений: нижние пределы измерения кислорода и азота улучшились на порядок, а верхние пределы измерения выросли в несколько раз.

Новой особенностью современных газоанализаторов является возможность определения содержания кислорода и азота не только общего, но и в различных фазах. Это достигается плавным или ступенчатым нагревом образца с постепенным выделением газов из различных фаз, имеющих раз-

ную температуру начала разложения. Таким образом появилась возможность количественного определения содержания газов, адсорбированных на поверхности образца, связанного в различные оксиды кислорода, определения содержания диффузионно-подвижного и связанного азота. Прибор **ТС-600** оснащен встроенной системой фракционного анализа кислорода. Программное обеспечение прибора позволяет автоматически обрабатывать кривые газовыделения в ходе анализа с помощью оригинальной программы OxSeP (рис.2) [1].

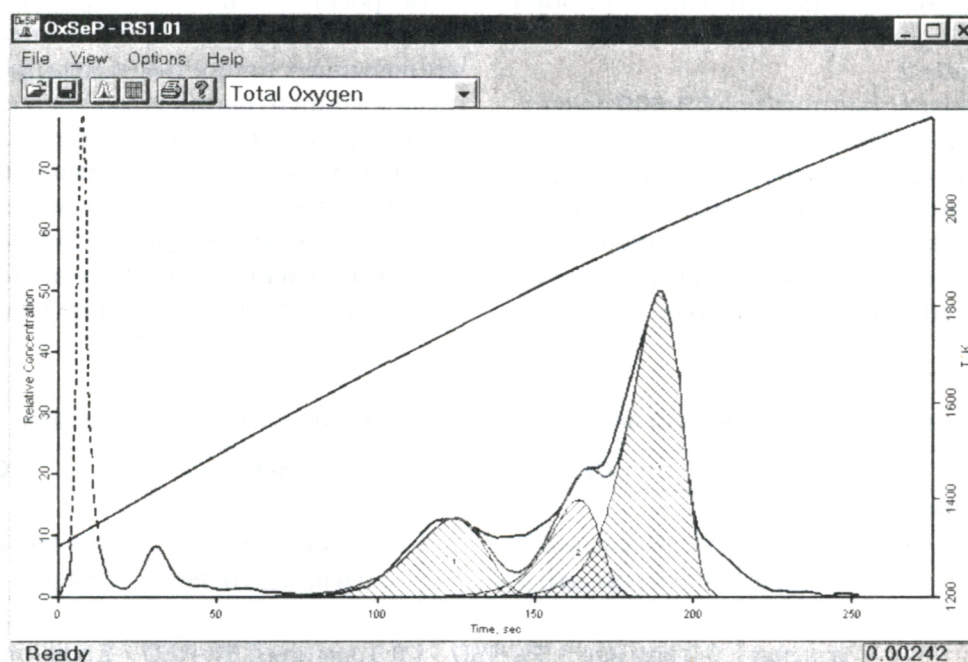


Рис.2. Фракционный анализ содержания кислорода в рельсовой стали

Важным дополнением в новом приборе является программа SmartLine, дающая возможность диагностики и тестирования прибора через Интернет даже в процессе прохождения анализа. Это значительно ускорит и упростит решение некоторых методических и сервисных проблем, которые могут возникнуть у пользователя при эксплуатации прибора.

Поиск возможной утечки газа в приборе разделен по блокам, что дает возможность быстрее найти и устранить неисправность.

В приборе **ТС-600** имеется контроллер скорости потока газа по массе, что делает ход анализа более устойчивым и повышает его точность. Запатентованная фирмой LECO система динамической компенсации газового потока значительно повышает точность определения низких содержаний азота в образцах с высоким содержанием кислорода.

Новая система охлаждения прибора более эффективна, позволяет во многих случаях использовать прибор без внешнего охлаждения, доступ к ней теперь возможен без снятия панелей прибора.

Периодическую чистку электродов и очистку или замену микронного фильтра в новом приборе рекомендуется проводить через 300 анализов (вместо 200 в предыдущих моделях), время проведения обслуживания сократилось с 5 мин. до 30 сек. Рекомендуемый интервал между заменами трубок с химическими реактивами увеличился с 2 – 4 до 4 – 8 месяцев. Возможна также установка системы автоочистки печи и автозагрузчика.

Новый анализатор **серы/углерода CS-600** с точки зрения конструкции, дизайна и важнейших узлов прибора обладает теми же самыми преимуществами, что и прибор **ТС-600**.

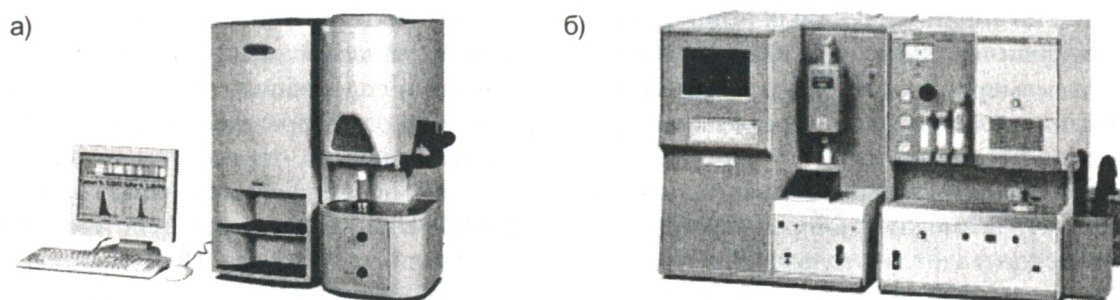


Рис.3. Внешний вид современного анализатора серы и углерода CS-600 (а), в сравнении с анализатором предыдущего поколения CS-400 (б)

Сравнительные характеристики прибора **CS-600** с приборами предыдущих поколений приведены в табл.2.

Новой возможностью прибора **CS-600** является плавный нагрев образца в индукционной печи, задаваемый как процентное увеличение мощности печи в единицу времени. Таким образом, появляется возможность качественно оценить ход анализа и проследить за выделением серы и углерода при различных температурах.

Встроенный очиститель газа-носителя (кислорода) позволяет убрать примеси гидрокарбонатов, что повышает точность анализа при определении низких концентраций углерода и серы. При анализах такого рода рекомендуется предварительно отжигать тигли, в которые помещается образец для анализа, чтобы снизить возможное влияние осадков пыли, адсорбированного CO_2 , и других видов примесей. Отжиг следует проводить на воздухе при температуре 1250°C в течение 15 минут.

Таблица 2

Сравнение параметров современного анализатора углерода и серы CS-600 с предыдущими моделями

	CS-600	CS-444	CS-200
Пределы измерения для навески 1 г.:			
углерод	от 0,6 ppm до 6%	от 0,6 ppm до 6%	от 4 ppm до 3,5%
сера	от 0,6 ppm до 0,4%	от 0,6 ppm до 0,35%	от 4 ppm до 0,4%
Точность:			
углерод	0,3 ppm или 0.5% RSD	0,3 ppm или 0.5% RSD	2 ppm или 0.5% RSD
сера	0,3 ppm или 0.5% RSD	0,3 ppm или 0.5% RSD	2 ppm или 0.5% RSD
Чувствительность:			
углерод	0,01 ppm	0,01 ppm	0,1 ppm
сера	0,01 ppm	0,01 ppm	0,1 ppm
Калибровка:	По одной точке, по газ. дозе, мультикалибровка	По одной точке, по газ. дозе	По одной точке, мультикалибровка в PC версии
Время цикла анализа (номин.):			
углерод	40 секунд	40 секунд	45 секунд
сера	40 секунд	40 секунд	45 секунд
Хранение данных:			
вес образцов	Практически без огранич.	100	10
результаты анализа	Практически без огранич.	500	50
Размеры:			
Анализатор		76x61x69 см	
Печь		76x51x69 см	
Объединенный блок	76x56x56 см		77x70x60 см
Вес:			
Анализатор		107 кг	
Печь		123 кг	
Объединенный блок	170 кг		136 кг

Новый прибор для одновременного определения **кислорода, азота и водорода**, **ТСН-600**, является уникальной разработкой фирмы LECO. В отличие от приборов других фирм, где содержание водорода определяется ячейкой теплопроводности, и за один анализ можно определить либо кислород и азот, либо кислород и водород, в приборе фирмы ЛЕКО определяемый водород конвертируется в пары воды H_2O и содержание паров воды определяется специальной ячейкой теплопроводности. Таким образом, за один анализ можно определить содержание всех трех элементов. Для проведения анализа используется только один газ – гелий, и нет необходимости в переключении газовых потоков. Пределы измерения азота и кислорода соответствуют таковым в приборе **ТС-600**, пределы измерения водорода – от 0,1 ppm до 0,25 %.

2. Приборы для анализа органических материалов

Следующим этапом развития фирмы ЛЕКО стало создание приборов для определения тех же элементов – углерод, сера, кислород, азот, водород – в органических материалах.

Принципиальным отличием этих приборов является способ нагрева образца. Так, если в приборах для неорганических материалов образец либо плавится в графитовом электроде, нагреваемом проходящим током, либо нагревается и плавится в нейтральной атмосфере (или сгорает в токе кислорода) с помощью индукционной печи, то в приборах для анализа органических материалов образцы нагреваются в печи сопротивления. Остальные наиболее важные узлы приборов – инфракрасные ячейки и ячейки теплопроводности, химические реагенты, и т. п. – остаются теми же, что и в приборах для анализа неорганических веществ.

Наиболее универсальным из данного класса прибором является анализатор **серы, углерода, азота и водорода** марки **CHNS(O)-932**. Этот прибор может одновременно определять из одной навески все перечисленные элементы в диапазоне 0,001 – 100 % с относительной погрешностью (RSD) – 0,3 %. С помощью дополнительной пиролизной печи марки VTF-900 на этом приборе можно определять также содержание кислорода в диапазоне 0,01 – 100 %. Однако прибор **CHNS(O)-932** может работать только с микронавесками (номинальный вес образца – 2 мг). Этот прибор используется главным образом в таких отраслях промышленности, как фармацевтика, геология, нефтехимия.

Для образцов весом от 0,1 до 3 – 4 грамм используются приборы серии 2000. Они могут определять либо один элемент (например, прибор **FP-2000** определяет содержание **азота/протеина** в органических веществах), или сочетание из двух или трех элементов. Так, прибор **CHN-2000** определяет содержание **азота, углерода и водорода** в диапазоне 0,020 мг – 200 мг абсолютного веса (для азота – 0,009 – 100 мг), прибор **CNS-2000** – содержание **серы, углерода и водорода** и т. п. Приборы этого класса используются в пищевой, сельскохозяйственной, и других видах промышленности.

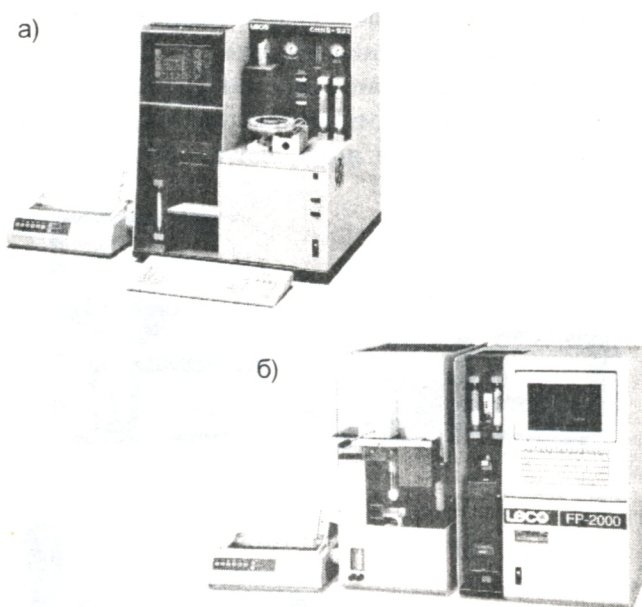


Рис.4. Внешний вид анализаторов CHNS-932 (а) и FP-2000 (б)

Анализатор **серы и углерода** может определять содержания этих элементов в угле, коксе, резинотехнических изделиях, растениях, цементе, минералах. Современный прибор марки **SC-144 DRPC** имеет рабочий диапазон измерения серы от 5 ppm до 26 %, а углерода от 50 ppm до 100 % при навеске в 350 мг. Прибор управляется внешним компьютером, прост в управлении, время анализа составляет 1 – 2 минуты.

Особую группу составляют приборы, созданные специально для угольной и коксовой промышленности: анализатор теплотворной способности топлива **AC-350** термogravиметрический анализатор **TGA-601**, определяющий содержания влаги, золы, и летучих веществ, и уже упоминавшийся анализатор серы и углерода **SC-144DR**. Эта группа приборов позволяет быстро и точно проводить анализ качества готовой продукции угольного и коксохимического производства при отгрузке потребителю, регулируя таким образом стоимость продукции. Важным моментом явля-

ется также сортировка угля по маркам, классам и качеству перед коксованием.

Автоматический калориметр **АС-350** – компактный настольный прибор, определяющий **теплотворную способность топлива** по изопериболическому методу. Управление калориметром осуществляет встроенный цифровой процессор. Автономная циркуляционная система определяет изменение температуры воды и кожуха калориметра каждые 6 секунд электронным термометром с точностью 10^{-4} °C. Точность определения теплотворной способности топлива составляет 0.05 % RSD в широком интервале значений, результат может быть получен в течение 5–20 мин. в зависимости от желаемой точности. При желании в программу можно ввести коррекцию полученной величины в зависимости от содержания в образце азота, серы, водорода, влаги и золы.

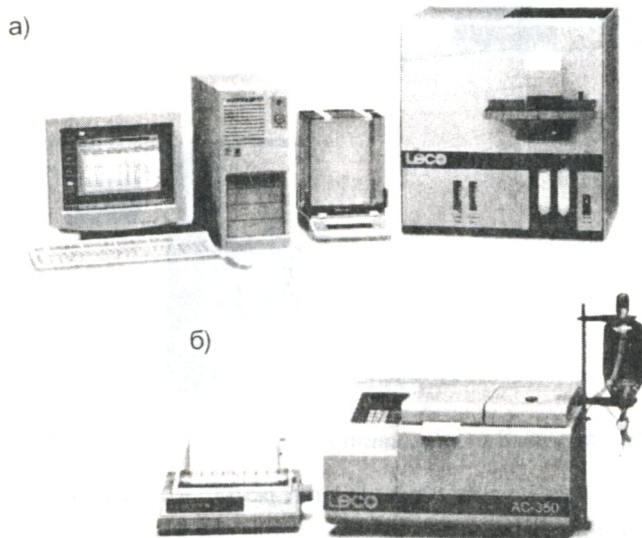


Рис.5. Внешний вид анализаторов SC-144DRPC (а) и AC-350 (б)

Термогравиметрический анализатор **TGA-601** предназначен для одновременного определения **влажности, выхода летучих и зольности** в угле и коксе. Анализатор состоит из электронного блока управления и обработки данных, и печи для одновременного анализа до 19 проб весом от 1 до 5 г. Управление прибором осуществляется с помощью микропроцессора или компьютера, где можно задать желаемые аналитические параметры, соответствующие требованиям ГОСТа или различных международных стандартов. Созданные аналитические методы, как и результаты анализов, хранятся в памяти компьютера. После загрузки образцов и выбора заданной программы, прибор далее работает в автоматическом режиме, не требуя вмешательства оператора до окон-

чания анализа. Результаты анализа отображаются в табличном и графическом виде, и могут быть легко преобразованы в отчет или сертификат. Результаты также можно пересчитать, введя дополнительные параметры, например, можно провести расчет выхода летучих веществ на сухое и беззольное состояние. В случае необходимости анализа большого числа образцов, к блоку управления может быть подключено до 4-х печей. Этот прибор нашел широкое применение на угольных разрезах, обогатительных фабриках, на предприятиях коксохимического производства, в системах контроля качества.



Рис.6. Внешний вид анализатора TGA-601

3. Приборы для спектрального анализа

В начале восьмидесятых годов прошлого столетия фирма ЛЕКО начала выпускать приборы для спектрального анализа неорганических и органических материалов: оптические эмиссионные спектрометры, времяпролетные масс-спектрометры, оригинальный анализатор ртути, основанный на методе атомно-абсорбционного анализа.

Одним из главных преимуществ приборов фирмы ЛЕКО для **оптического эмиссионного анализа** является применение тлеющего разряда в качестве источника возбуждения оптического спектра. Этот метод известен с середины шестидесятых годов прошлого столетия под аббревиатурой GD OES (*Glow Discharge Optical Emission Spectrometry*). Фирма ЛЕКО первой применила на практике лампу Гримма [2] в приборах, работающих в лабораториях химического анализа промышленных предприятий разного профиля. Тлеющий разряд позволяет отделить стадию возбуждения атомов анализируемого образца от стадии распыления, что невозможно при работе на искровых или дуговых спектрометрах. В результате образуются узкие спектральные линии без самоабсорбции, интерференция с соседними спектральными линиями практически отсутствует. Калибровочные графики всех анализируемых элементов линейны во всем интервале концентраций, что дает возможность анализировать каждый элемент по одной спектральной

линии по схеме «один элемент – один канал». Это значительно снижает стоимость прибора. Большим преимуществом для лабораторий, где необходимо постоянно анализировать сплавы на различных основах (железо, медь, алюминий, олово и т. п.), является отсутствие «эффекта памяти»: можно, например, проводить анализ алюминия в стали непосредственно после анализа железа в алюминиевых сплавах, сменив только программу анализа.

Неоценимым преимуществом тлеющего разряда является возможность послойного анализа образцов (рис. 7), когда с высокой степенью разрешения (нанометры) можно определить количественно содержание элементов в поверхностных слоях образцов, подвергнутых химико-термической обработке, или в покрытиях. Можно определить толщину покрытия, ширину диффузионного слоя между покрытием и подложкой, а также зачастую определить причины плохой адгезии покрытия к подложке, количественно определив содержание примесей на границе раздела.

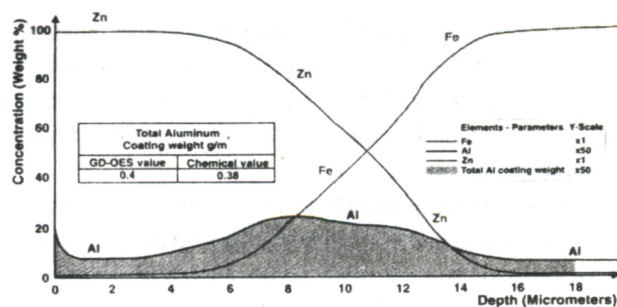


Рис. 7. Послойный анализ гальванизированной листовой стали для определения общего алюминия в цинковом покрытии

Применение в спектральных анализаторах фирмы ЛЕКО радиочастотного источника возбуждения тлеющего разряда позволяет анализировать неметаллические покрытия на металлах (краски, лаки, эмали) или металлические пленки на неметаллах (слой напыленного металла на стекле).

В настоящее время фирмой ЛЕКО производятся три вида спектрометров на основе тлеющего разряда: **GDS-500A**, **SA-2000** и **GDS-850A**. Сравнительные характеристики этих приборов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительные характеристики оптических эмиссионных спектрометров на основе тлеющего разряда

Спецификация	GDS-500A	SA-2000	GDS-850A
Оптика	Горизонтально-центрированная сфера с выпуклой дифракционной решеткой	Горизонтальная вогнутая решетка на круге Пашена-Рунге, вакуумный спектрометр 0,4 м	Горизонтальная вогнутая решетка на круге Пашена-Рунге, вакуумный спектрометр 0,75 м
Детектор	CCD с 12,000 активными пикселями (0.007 мм ширина x 0.2 мм высота)	Фотоумножители на заданные длины волн, до 30 каналов	Фотоумножители на заданные длины волн, до 58 каналов
Спектральный диапазон	Полный спектр от 165 нм до 460 нм	Выбранные длины волн от 149 до 450 нм	Выбранные длины волн от 120 до 800 нм.
Источник возбуждения	Источник тлеющего разряда с 4 мм анодом (опция 2 мм)	Источник тлеющего разряда с 4 мм анодом (опция 2,5 мм), дополнительно RF источник 4 мм	Источник тлеющего разряда с 4 мм анодом (опция 2,5 и 7 мм), дополнительно RF источник 4 мм и 2 мм
Возможность послойного анализа	нет	да	да
Вакуумная система	Двухступенчатый прямоточный вакуумный насос для спектрометра и источника возбуждения с аргоновой защитой от масляных испарений	Двухступенчатый прямоточный вакуумный насос для спектрометра с аргоновой защитой от масляных испарений, второй насос для источника возбуждения	Двухступенчатый прямоточный вакуумный насос для спектрометра с аргоновой защитой от масляных испарений, второй насос для источника возбуждения
Температурная стабильность	Автоматически поддерживается на уровне 40°C с точностью +/- 0,10C	Автоматически поддерживается на уровне 40°C с точностью +/- 0,10C	Автоматически поддерживается на уровне 40°C с точностью +/- 0,10C
Размеры	118 x 105 x 80 см	118 x 130 x 80 см	130 x 140 x 87 см
Вес	239 кг	300 кг	621 кг

Новейшей разработкой фирмы ЛЕКО является прибор GDS-500A - первый прибор с источником тлеющего разряда и фотодиодной матрицей вместо фотоумножителей в качестве регистрирующего устройства.

В приборе **GDS-500A** запатентованная система прохождения света с двумя дифракционными решетками позволяет при сохранении всех преимуществ приборов предыдущих поколений значительно упростить конструкцию прибора, сделав его менее дорогостоящим. Прибор предназначен главным образом для рутинного анализа черных и цветных металлов в лабораториях литейных цехов.

Семейство **времяпролетных масс-спектрометров** состоит из трех моделей.

Масс-спектрометр с индукционно-связанной плазмой марки **"Renaissance"** позволяет проводить полный анализ изотопного состава исследуемого материала в рекордно короткое время (минуты вместо часов), с высокой точностью, превосходным разделением соседних пиков, отличающихся на одну массовую единицу во всем массовом диапазоне.

Газовый хроматограф с времяпролетным масс-спектральным окончанием марки **"Pegasus"** сочетает скорость, точность и простоту анализа. Обработка 500 полных интервалов спектров в секунду позволяет, например, сократить время традиционного анализа сырой нефти с 133 до 6 минут без ущерба точности количественного анализа. Управление газовым хроматографом, оптимизация параметров масс-спектрометра и обработка результатов анализа полностью автоматизированы программным обеспечением, работающим в среде MS Windows 2000.

Для анализа жидких проб применяется прибор марки **"Jaguar"**, сочетающий жидкостной хроматограф с времяпролетным масс-спектрометром. Прибор обладает высокой чувствительностью (например, предел обнаружения резерпина находится на уровне не выше 500 атом-молей), что позволяет анализировать пробы в небольших количествах. Скорость обработки до 100 спектров в секунду по всему диапазону масс (до 6000 m/z) обеспечивает сокращение времени анализа.

Экспресс-анализатор ртути (модель **AMA-254**) позволяет в течение 3 – 4 минут получить точный анализ содержания ртути в любом веществе: предел обнаружения составляет 0.01 нг. Пробы не требуют предварительной подготовки (отсутствует использование химических веществ), и их можно анализировать в твердом, жидком или газообразном состоянии. Отсутствует также влияние матрицы пробы. Процесс ана-

лиза основан на сжигании в токе кислорода предварительно взвешенной пробы, при этом выделившиеся пары ртути собираются на амальгаматоре. После повторного нагрева амальгаматора освободившаяся ртуть детектируется в ультрафиолетовой абсорбционной ячейке, где источником излучения является ртутная лампа низкого давления с длиной волны поглощения 253.7 нм. Прибор применяется для анализа сточных вод, питьевой воды, почвы, пищевых продуктов, рудного материала, минералов и органических соединений.

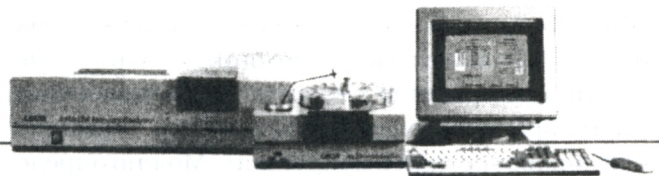


Рис.8. Внешний вид анализатора AMA-254.

4. Приборы для анализа структуры и свойств металлических материалов

В настоящее время фирма ЛЕКО является одним из крупнейших разработчиков и производителей современного оборудования для материаловедов.

Анализ структуры и свойств металлических материалов начинается, как правило, с резки металла на образцы. Для этой цели фирма ЛЕКО выпускает ряд **отрезных станков** позволяющих как отрезать небольшие образцы для металлографического анализа, так и резать большие детали и узлы размером в десятки сантиметров. Эти станки можно использовать не только в металлургических лабораториях, но и для промышленной резки деталей, узлов, агрегатов. Самый большой отрезной станок **BOA-600** имеет диаметр отрезного круга 600 мм и позволяет резать детали на глубину до 210 мм при длине до 800 мм.

Резка образцов на всех типах станков может быть полностью автоматизирована, с подачей деталей по осям X и Y, и с подачей отрезного круга по осям Y и Z. Различные режимы резки: шаговый, маятниковый, циркулярный – позволяют оптимально, с наименьшими затратами времени, вырезать из большой детали образец необходимого размера. Зажимные устройства ручного, пневматического или гидравлического типа позволяют надежно фиксировать разрезаемые детали различных габаритов и веса, возможна также авто-

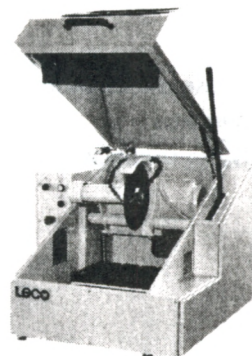


Рис.9. Внешний вид отрезного станка

матическая подача длинномерных деталей.

Проведение дальнейших материаловедческих исследований требует заливки отрезанного образца в специальную массу для придания ему формы, удобной для дальнейшей шлифовки и полировки. Новейший **заливочный пресс** фирмы LECO марки **PR-4** позволяет быстро получать образцы диаметром от 27 до 50 мм в виде цилиндров высотой от 10 до 40 мм. Пресс управляется микропроцессором, в память которого можно заложить до 10 методов заливки в оболочки с различными свойствами (твердость, прозрачность, токопроводность).

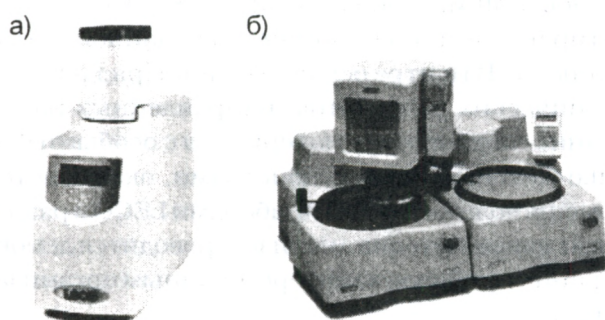


Рис.10. Внешний вид заливочного пресса PR-4 (а) и шлифовально-полировального станка SS-2000DA (б).

После закладки образца и заливочного материала весь дальнейший процесс (создание давления, нагрев, выдержка, охлаждение) происходит автоматически, без участия оператора. Один микропроцессор может управлять системой из четырех блоков, причем для каждого блока может быть со-

здана своя программа, что позволяет значительно увеличить производительность процесса заливки образцов из разных металлов.

Шлифовка и полировка образцов может осуществляться в ручном, полуавтоматическом или автоматическом режимах на станках фирмы LECO марок **PT-230/250**, **SS-1000** и **SS-2000**. Последняя серия управляется микропроцессором с заложенными в нем шагами до 10 различных методов.

Проведение анализа структуры и свойств материалов возможно с помощью уникальных систем фирмы LECO, состоящих из световых микроскопов различных типов, анализаторов изображения, и твердомеров по Виккерсу (микро- и макротвердость), Бринеллю, Роквеллу. Можно создавать любую комбинацию из этих приборов, управляемую одним компьютером, позволяющую автоматически определять все параметры структуры металлов: количественный фазовый состав, размер зерна, пористость, состав и количество неметаллических включений, и т. п. Можно также определять изменение твердости по сечению образца (рис. 11), (например, после химико-термической обработки), причем оператору достаточно поставить нужное количество образцов на автоматический предметный столик, и указать в программе параметры измерения (направление, нагрузку, расстояние между отпечатками). После этого прибор самостоятельно найдет край образца, расставит отпечатки, измерит их, и выдаст отчет в виде таблицы и/или графика.

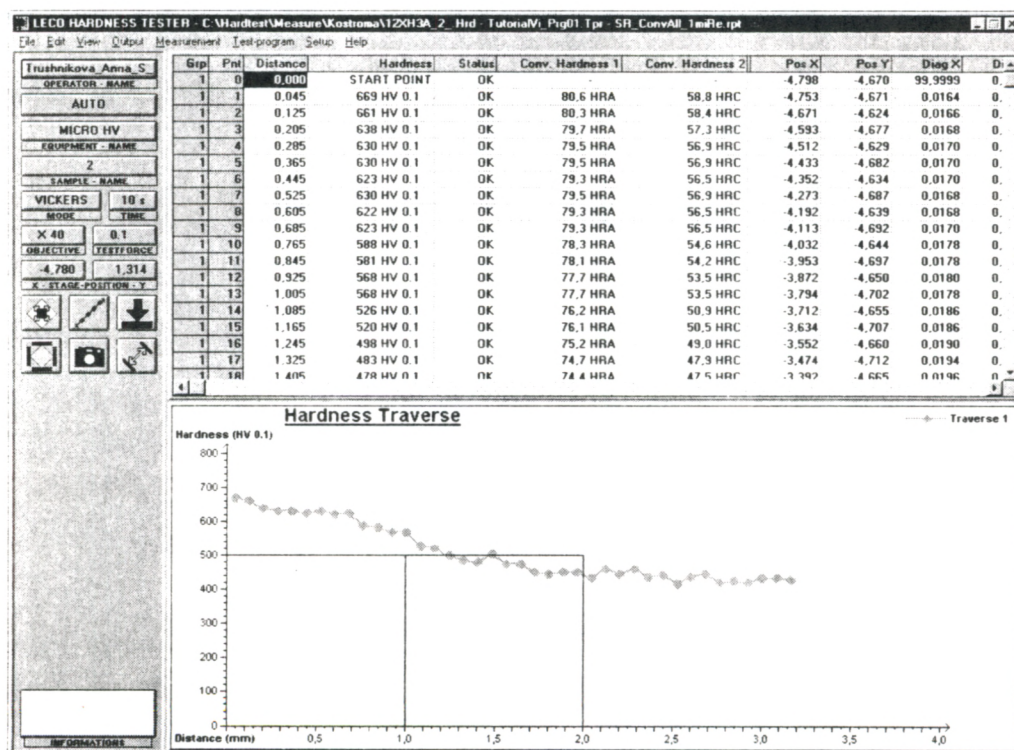


Рис.11. Изменение микротвердости по глубине науглероженного слоя детали из стали 12ХН3А

Несомненным преимуществом данного подхода является использование одного компьютера для работы на нескольких приборах с использованием оригинального программного обеспечения. Это снижает стоимость оборудования, и делает его универсальным.

Таким образом, приведенные данные показывают, что фирма LECO является единственной фирмой, предлагающей на рынке аналитического оборудования уникальный комплекс приборов, позволяющий определять химический, фазовый состав, структуру и свойства металлических материалов на металлургических и машиностроительных предприятиях.

Фирма LECO имеет сеть филиалов, расположенных в различных частях земного шара – в Северной и Южной Америке, в Африке, в Европе, Юго-Восточной Азии, в Австралии, Японии. Европейская организация имеет 8 филиалов, каждый из которых отвечает за территорию своей страны, и ряда прилегающих стран. В Германии (г. Менхенгладбах) и в Чехии (г. Прага) находятся

Технические Центры демонстрации оборудования фирмы LECO, где проходят обучение пользователи приборами, создаются новые методики анализа, проходит знакомство с приборами потенциальных заказчиков.

В Российской Федерации, странах СНГ и Балтии поддержку фирмы LECO осуществляют Представительства фирмы в Москве и Екатеринбурге, а также сеть дилеров, работающих в различных городах на территории бывшего СССР. В Москве, в Институте Металлургии им. А. А. Байкова Российской Академии Наук, работает Центр Исследований Материалов ИМЕТ – LECO, где собраны практически все упомянутые в данной статье приборы. В Центре осуществляется ряд научно-технических разработок, направленных на создание современных материалов с особыми физико-механическими свойствами, оказывается помощь пользователям приборами LECO в разработке новых методик анализа, проводится демонстрация приборов заинтересованным организациям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорович К.В.// Аналитика и Контроль. 2000. Т.4, №3. С.244-251
2. Grimm W.// Spectr. Acta. Part B. 1968. V.23. P.443.

* * * * *

THE NEW GENERATION OF LECO DEVICES - A STEP TO THE XXI CENTURY
P.V.Makarov

The article briefly reviews the LECO's devices designed for analytical control of metals and other objects.
